

Compostage : Processus & moyens de contrôle Impact environnemental

Jean-Marie Paillat

UPR CIRAD Recyclage et risques

UMR INRA/Agrocampus Sol Agro & hydro systèmes Spatialisation

65 rue de St Briec, cs84215

35042 RENNES Cedex 01



UMR Sol Agronomie
Spatialisation



UpR Risque environnemental
lié au recyclage

Introduction

**Processus microbiologiques et physiques
déterminant les émissions gazeuses**

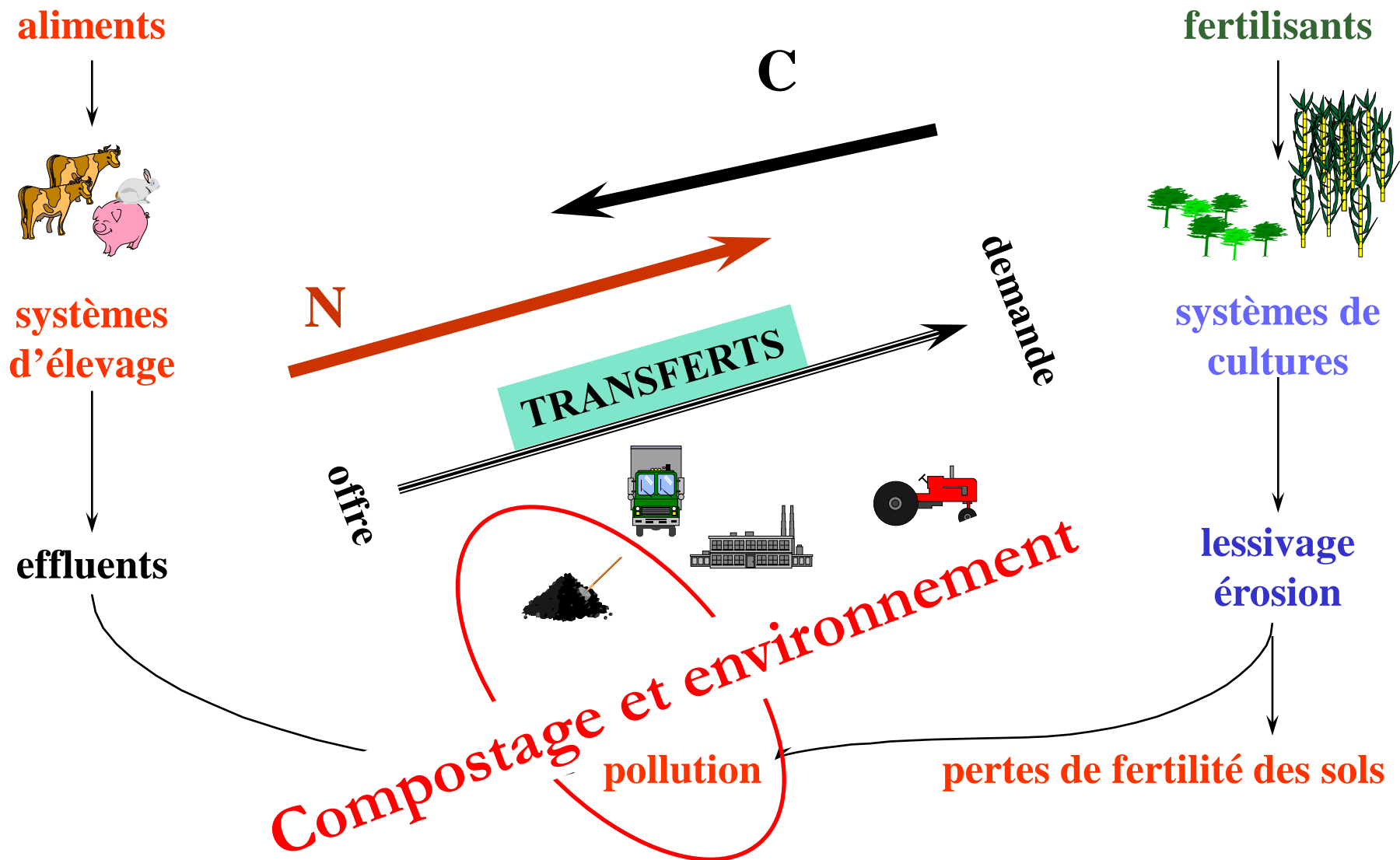
**Facteurs de contrôle
Modélisation des émissions gazeuses**

Transferts de MO (Compost – Compostage)

Intérêts du compostage

Implications environnementales

Problématique du transfert de MO



Compost - compostage : définitions

Qu'est-ce que le compostage ?

Processus contrôlé de dégradation des constituants organiques d'origine végétale et animale

Succession de communautés microbiennes (bactéries, champignons), en condition aérobie (principalement), entraînant une montée en température

(Ménasseri, 2005, d'après Francou, 2003)

Qu'est-ce que le compost ?

Produit organique plus ou moins stabilisé

Stockage de N et C

Disponibilité de N à plus ou moins long terme

Manipulation aisée

Pas ou peu d'odeur

Hygiénisé si T°

Variable selon produits mis en fermentation

Variable selon la conduite du process

A définir en fonction des utilisations (engrais/amendement)

Intérêts du compostage

GESTION DE LA FERTILITE

Echelles :

- exploitation agricole (gestion individuelle)
- territoire à travers les réseaux d'échanges (transferts entre exploitations)

Intérêts du compostage attendus :

- amélioration de la gestion des effluents (réduction de la pollution des eaux)
- transferts de fertilité (efficacité agronomique)

STABILISATION DU CARBONE

Echelles :

- pays (intérêt de la France pour la gestion du CO₂ et autres gaz à effet de serre)
- planétaire (Kyoto)

Intérêts du compostage attendus :

- immobilisation de carbone dans le sol (diminution de l'effet de serre)
- contribution à la gestion des effluents (réduction de la pollution atmosphérique)

Problème : transfert de pollution ?

Impact à l'échelle globale
effet de serre
couche d'ozone

(Kroese, 1994 ; Houghton et al., 2001)

<http://www.ipcc.ch/ipccreports/assessments-reports.htm>

Emissions gazeuses

CO₂
CH₄
N₂O
NO_x

H₂O

CO
NO_x
NH₃

Pertes ?

Impact à l'échelle régionale :

ozone troposphérique
acidification
pollution des nappes

(Apsimon *et al.*, 1987
Fangmeier *et al.*,
1994)

Impact à l'échelle locale :

eutrophisation
pollution des eaux

NO₃

(d'après Gosse et Mérimot, 1996)



(Morand, 2005)

Différentes phases

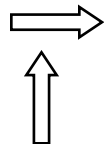
Transformation du carbone

Transformation de l'azote

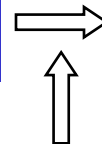
Volatilisation

Différentes phases

**DECHETS
ORGANIQUES**



**COMPOST JEUNE
PREHUMIFIE**



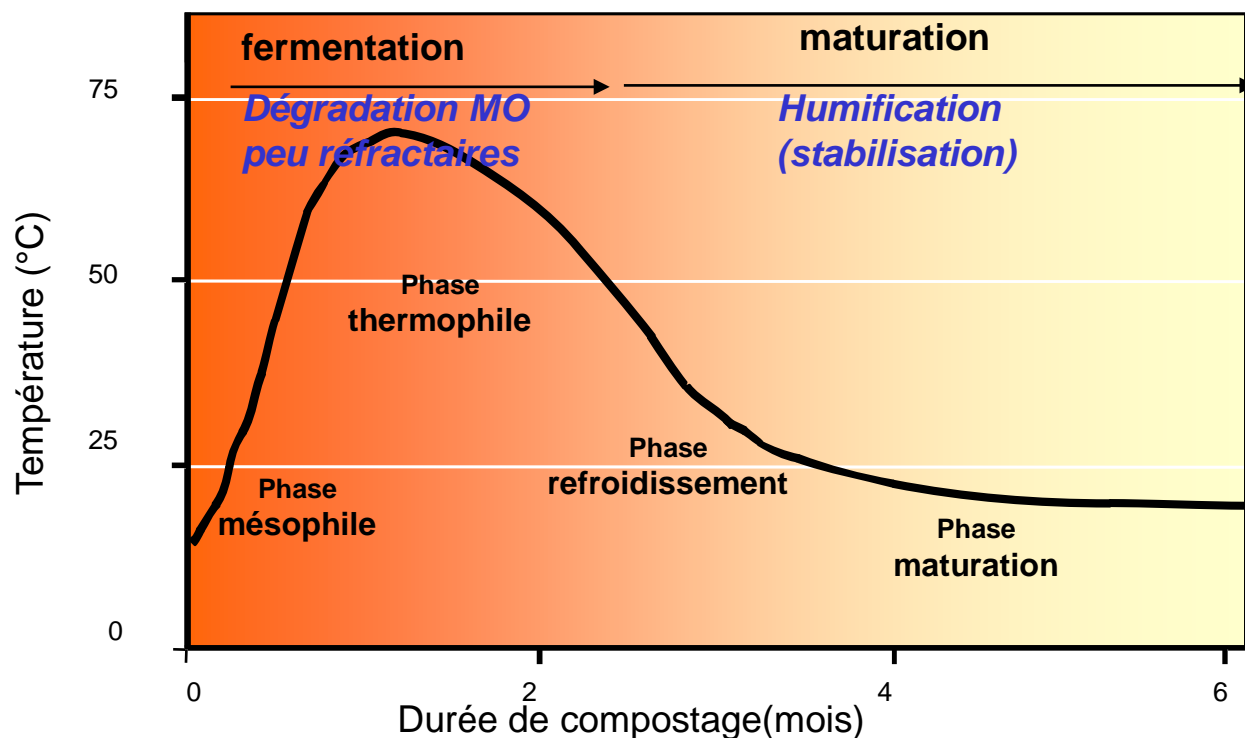
**COMPOST MUR
RICHE EN HUMUS**

Phase de décomposition

Dégradation de la matière organique
fraîche dominante

Phase de Maturation

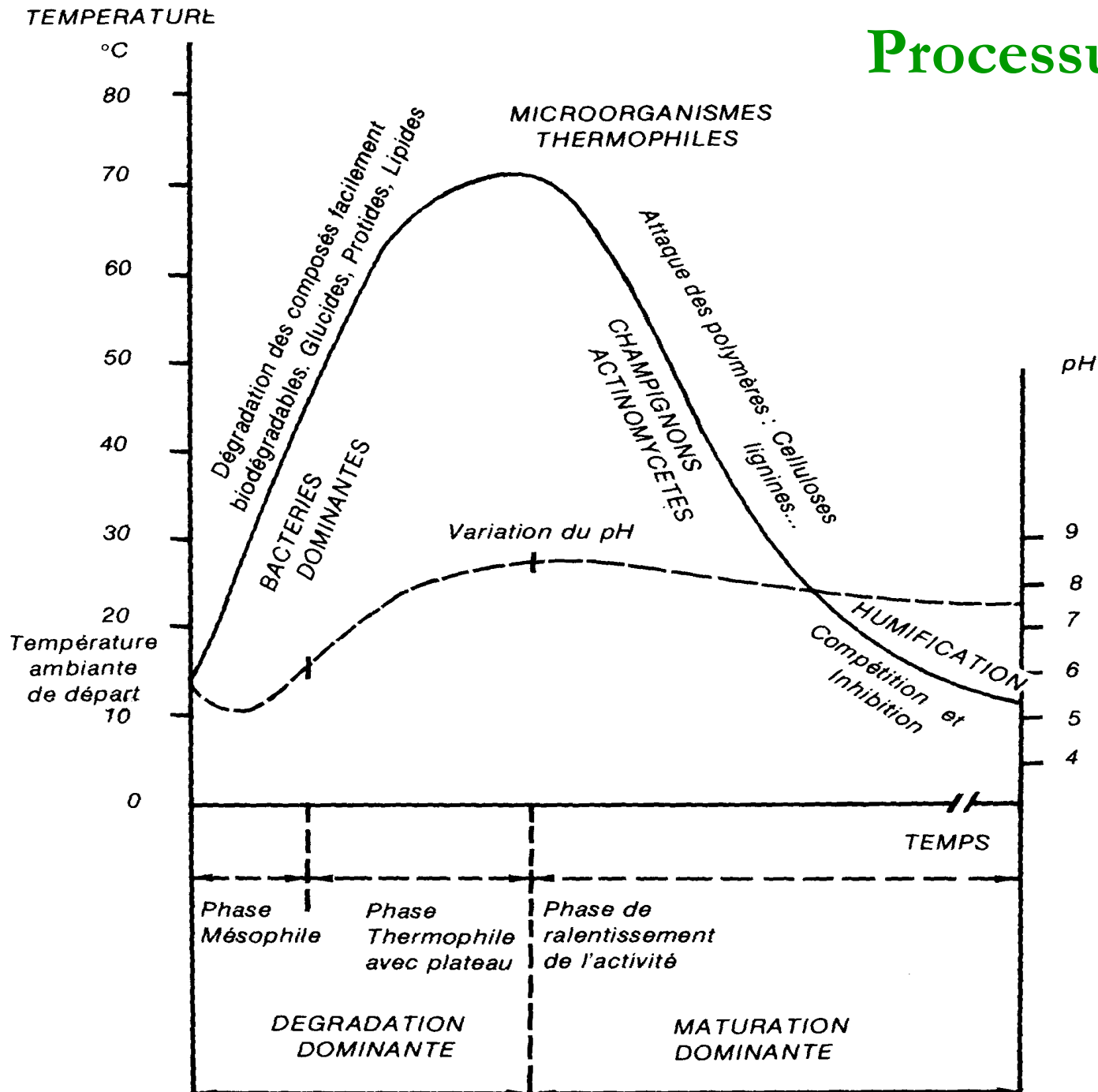
Biosynthèse de composés humiques



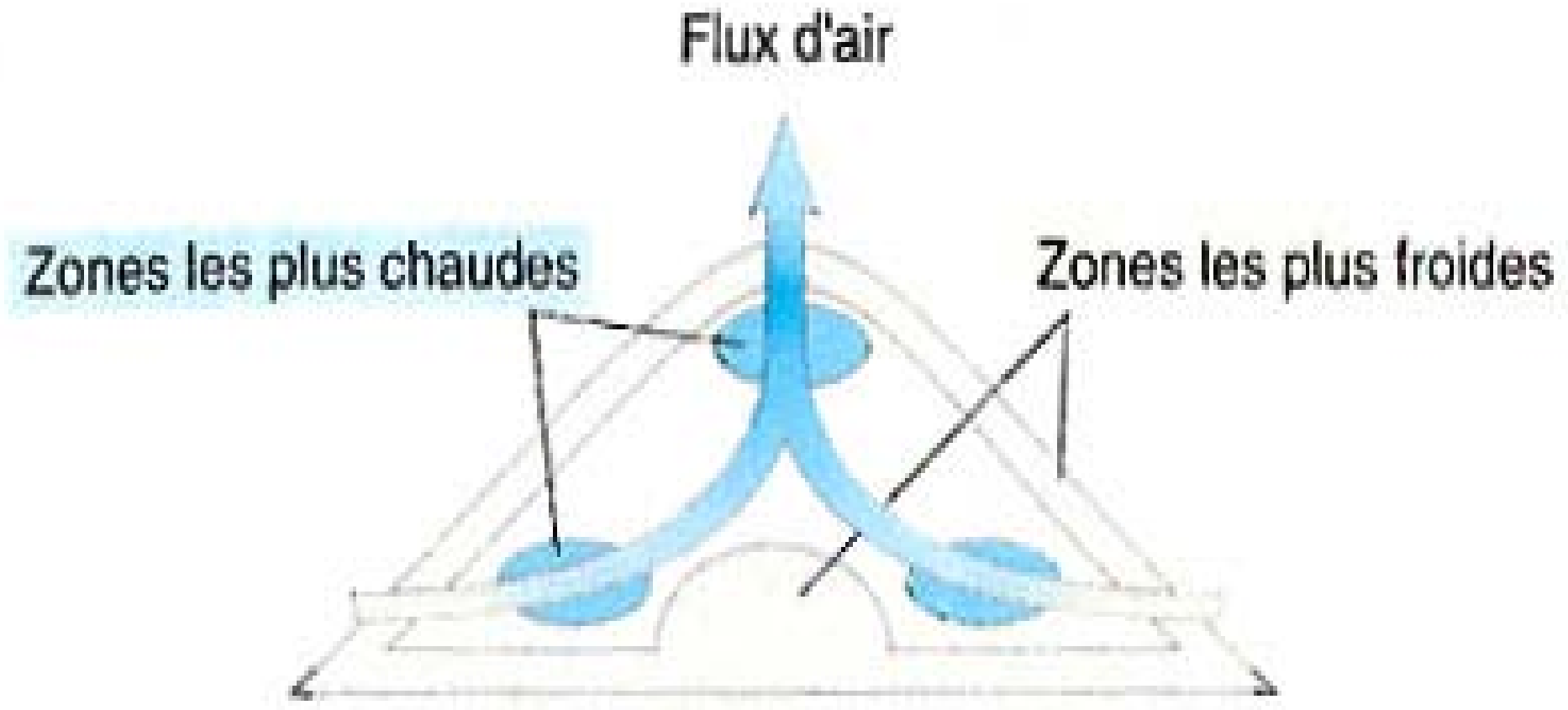
(Mustin, 1987)

(Houot, 2005)

Processus microbiens



(Mustin, 1987)

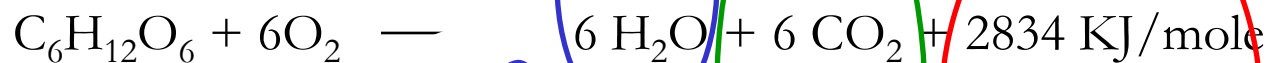
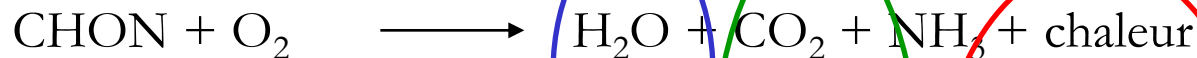


(Gobat *et al.*, 2003)

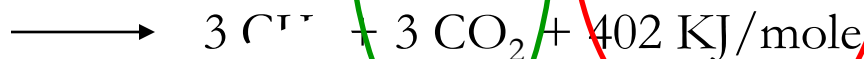
Transformation du carbone

Oxydation des composés carbonés facilement dégradables :

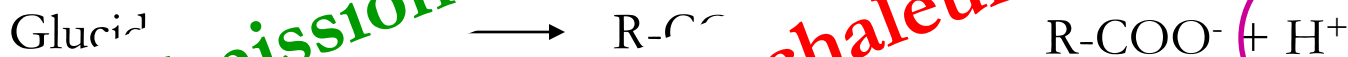
(Mustin, 1987)



Méthanisation (anaérobies) :



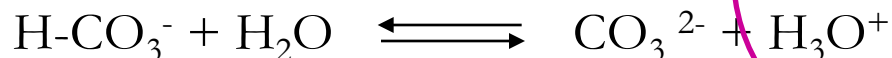
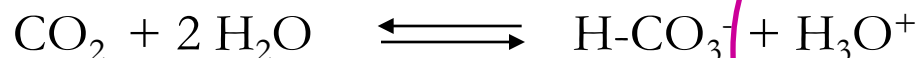
Production d'acides organiques :



Attaques enzymatiques :



Dissolution du CO_2 dans l'eau :



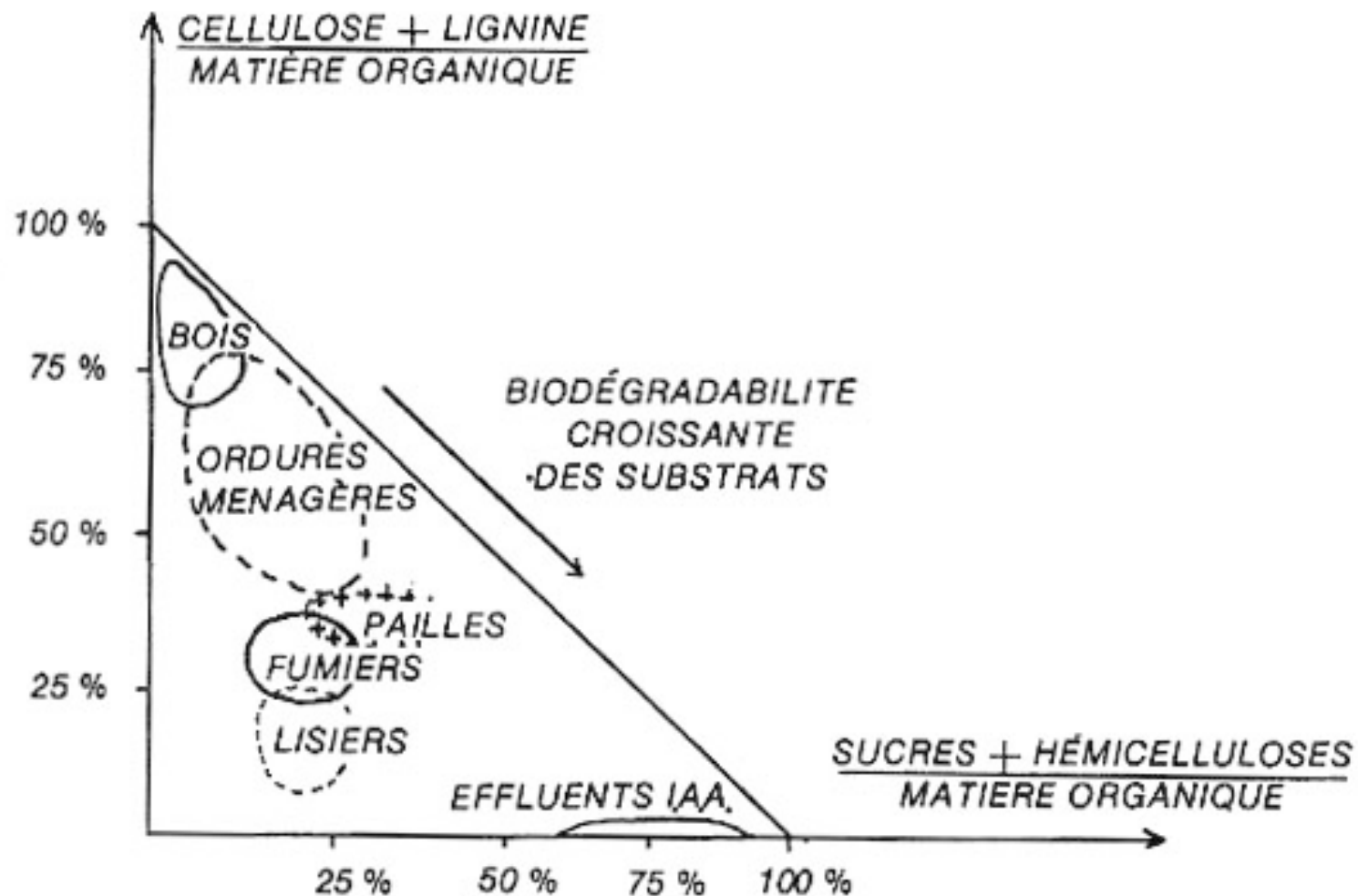
Eau métabolique

Emission de CO_2

Production de chaleur

Acidification

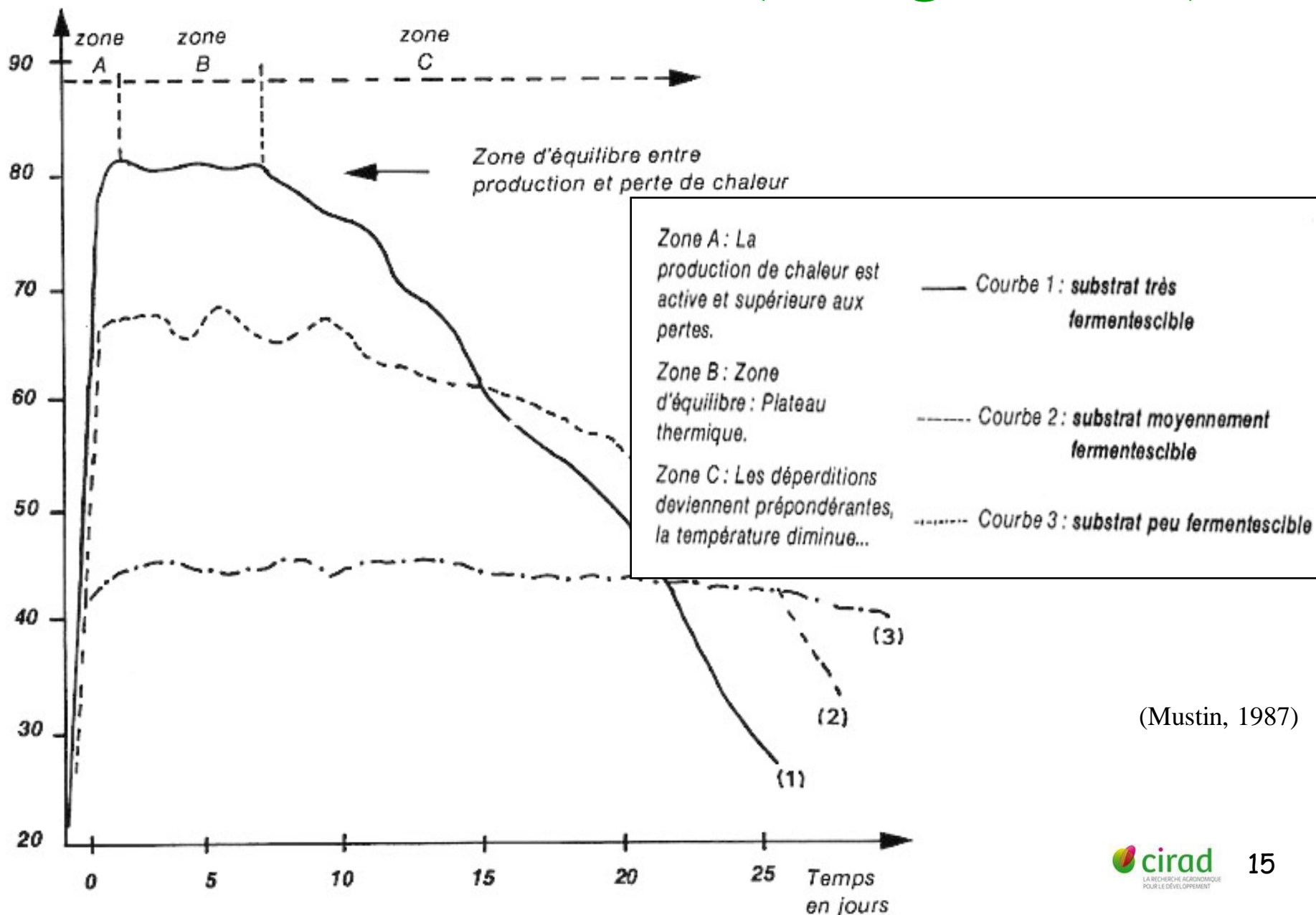
Biodégradabilité du C



(Mustin, 1987)

Température
moyenne en °C

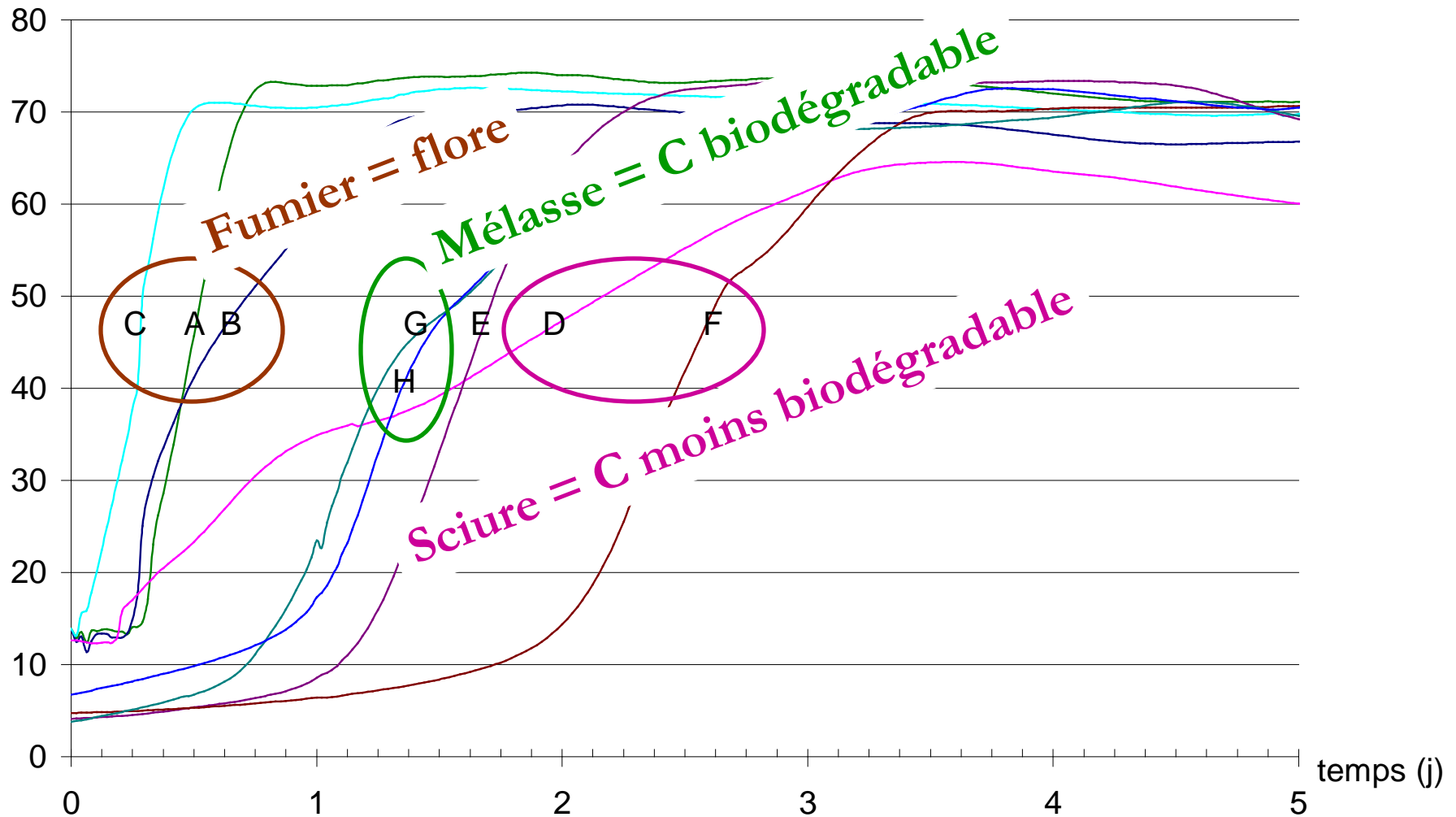
Chaleur = f(biodégradabilité)



(Mustin, 1987)

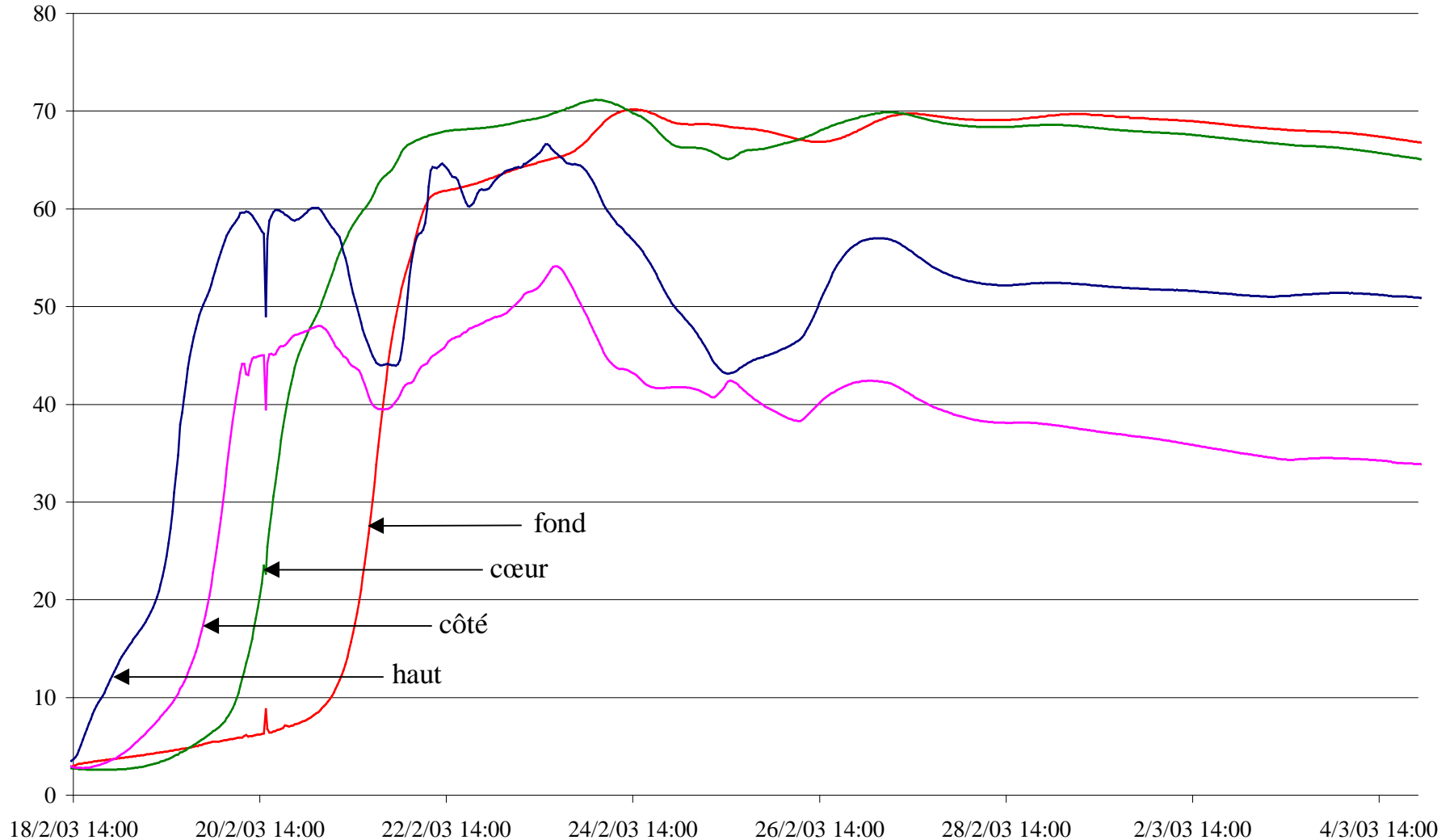
Température = f(biodégradabilité et microflore)

température (°C)



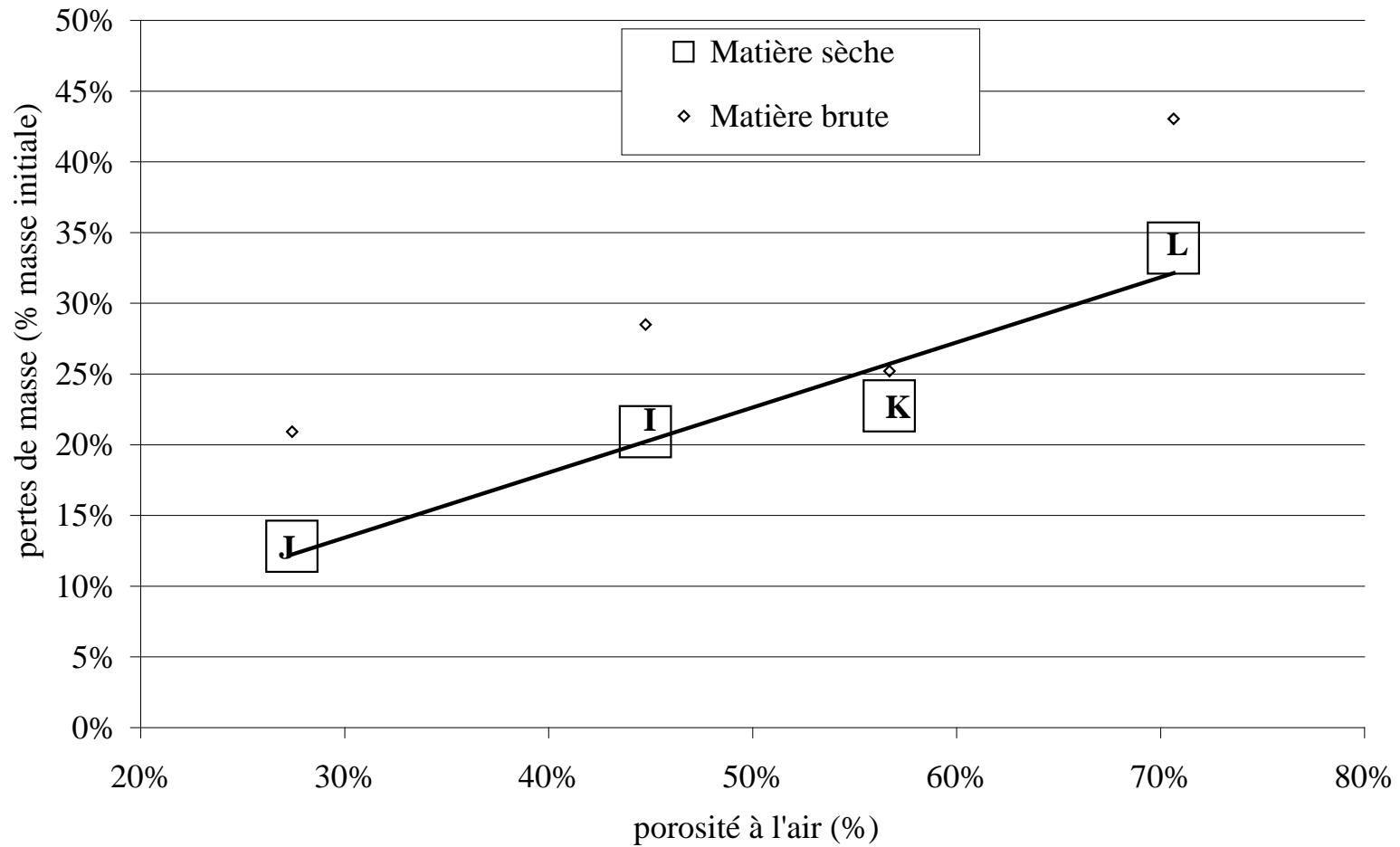
Température = f(porosité, convection)

Température (°C)



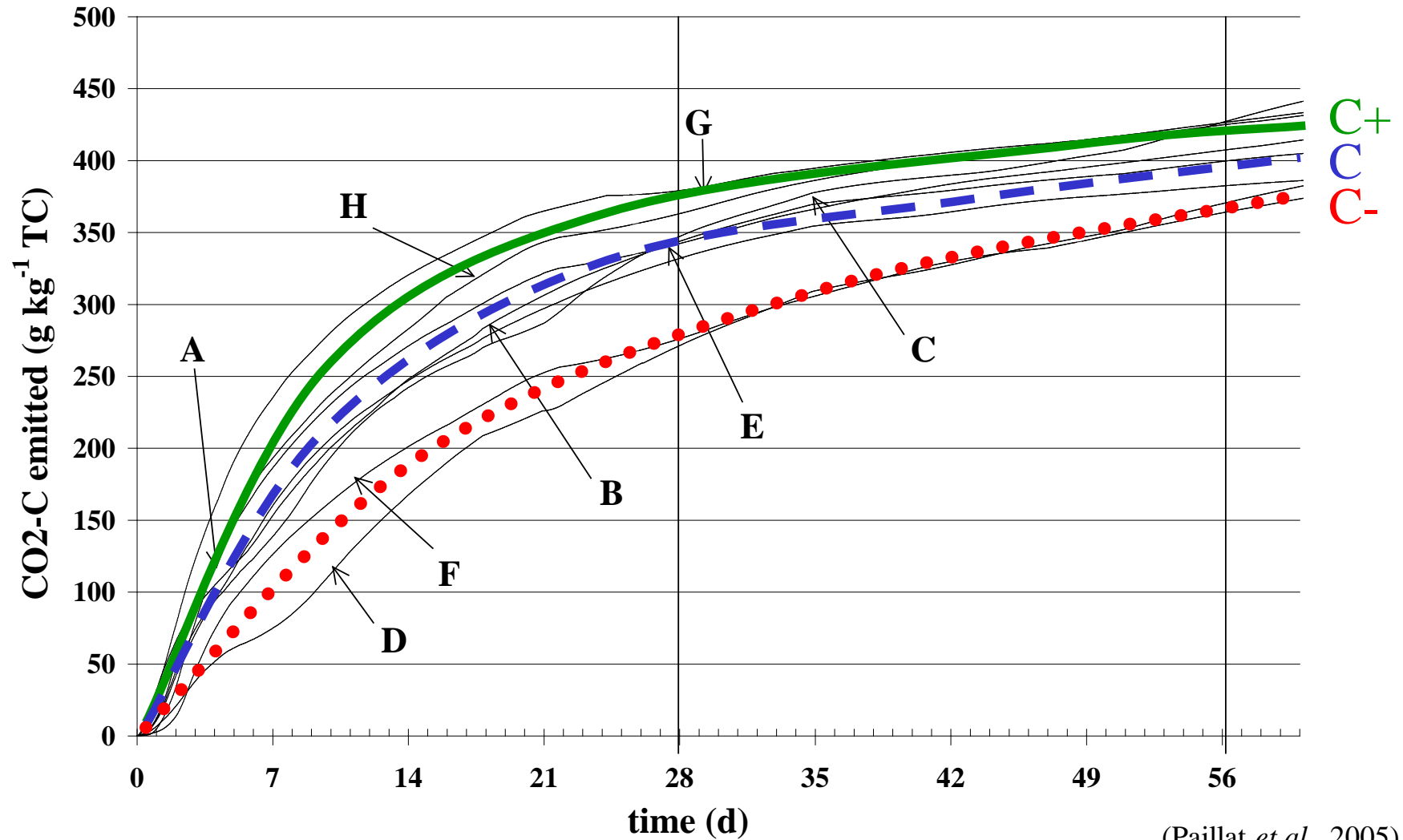
(Paillat *et al.*, 2005)

Pertes de MS = f(porosité, convection)



(Paillat *et al.*, 2005)

Emission de CO₂ = f(biodégradabilité C)

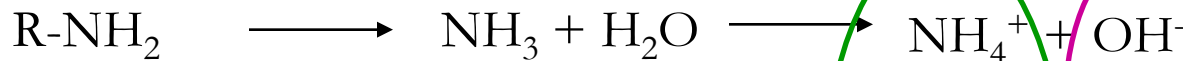


(Paillat *et al.*, 2005)

Transformation de l'azote

Ammonification des composés azotés :

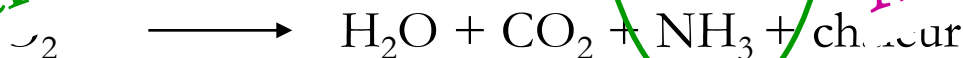
(Mancinelli, 1992 ; van Faasen, 1993; Morand, 2002)



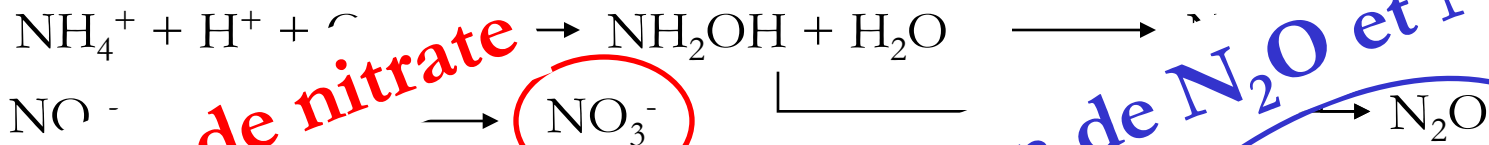
Hydrolyse de l'urée :



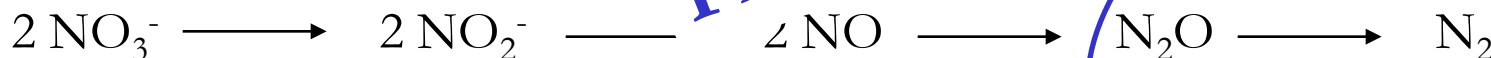
Dégradation d'un composé organique :



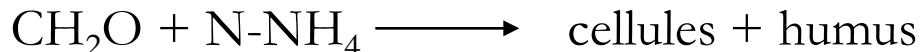
Nitrification :



Dénitrification :



Immobilisation :

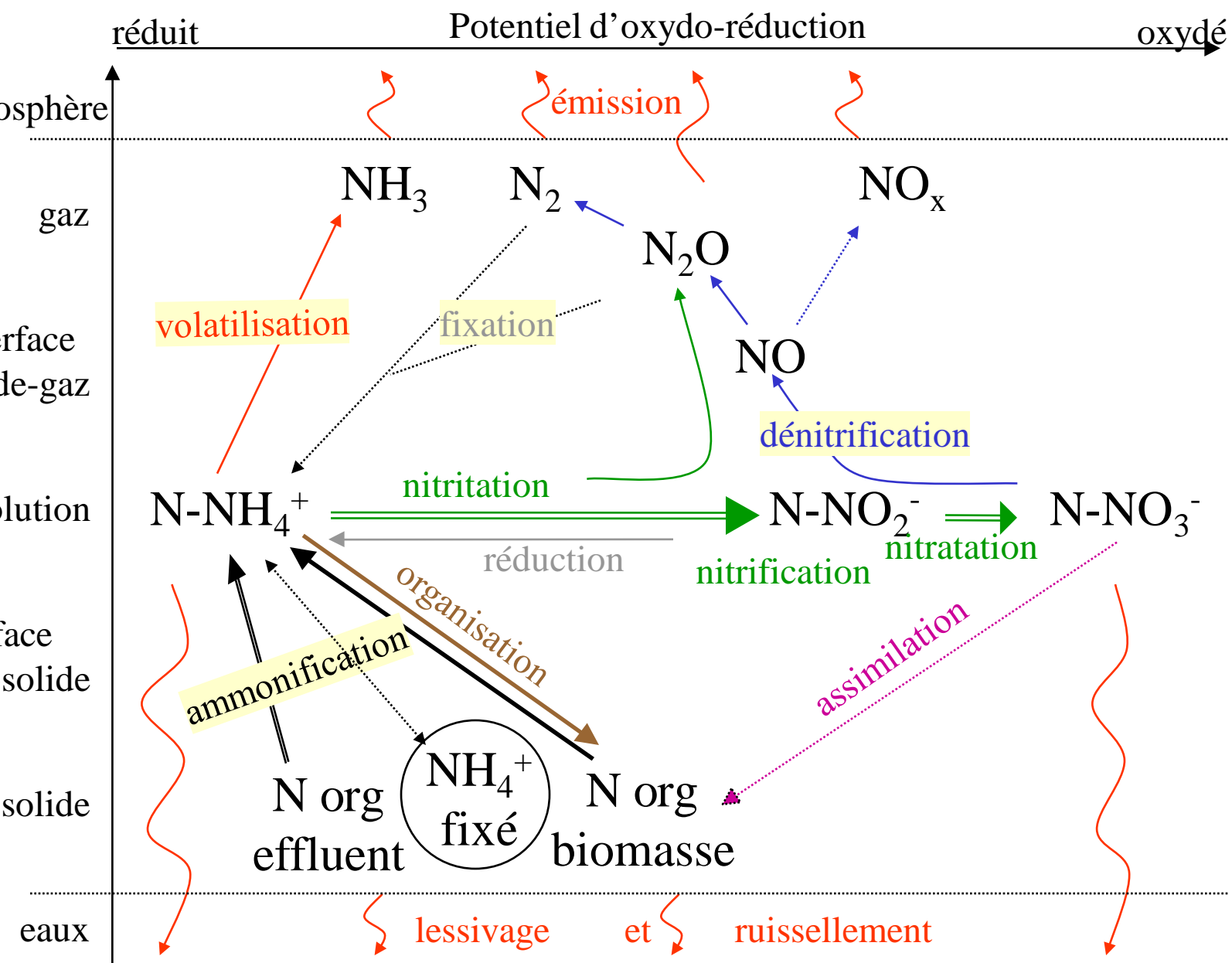


Production d'ammonium

Alcalinisation

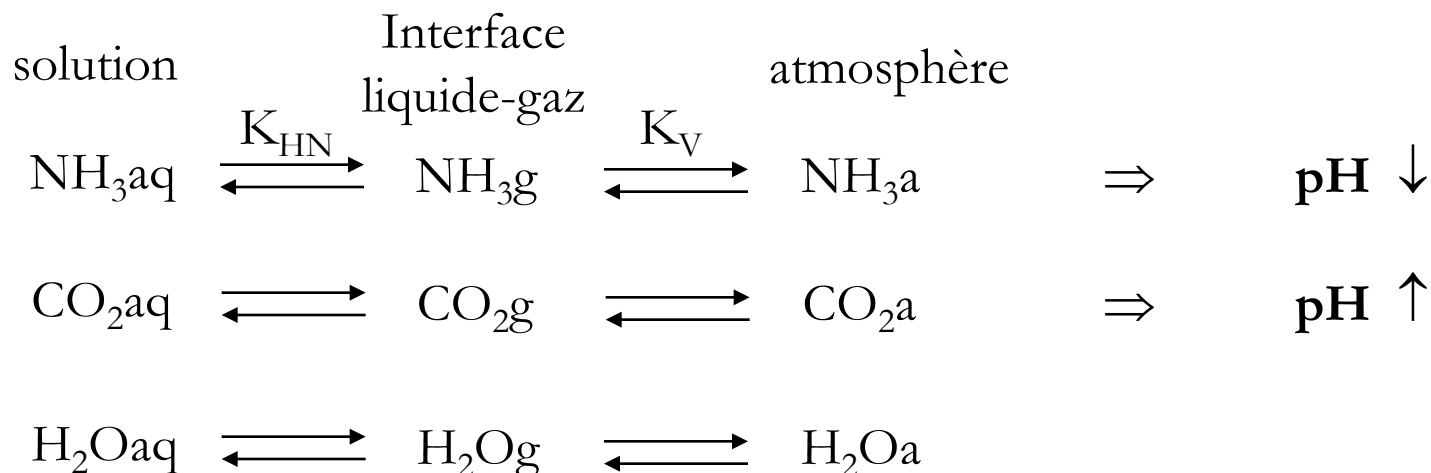
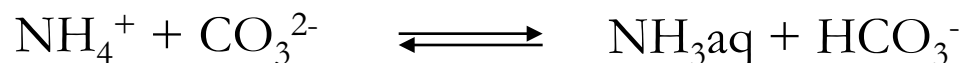
Production de nitrate

Production de N₂O et N₂



Processus de volatilisation

(Génermont, 1996)



Phase I : Le pH diminue :

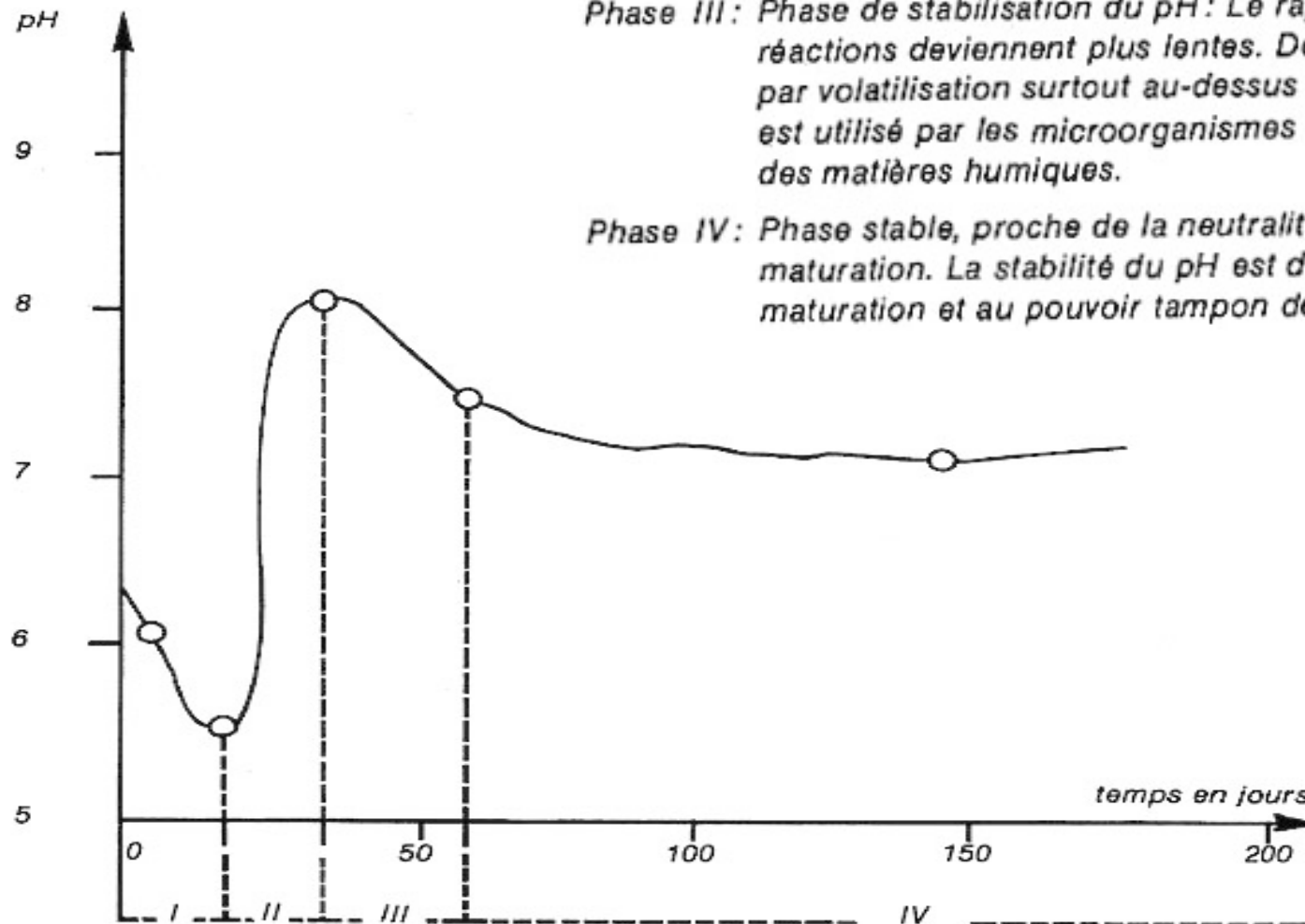
Phase d'acidogénèse : Intense production de gaz carbonique et d'acides organiques en début de phase thermophile (dominance Flore mésophile)

Phase II : Le pH augmente :

Phase d'alcalinisation (Flore thermophile dominante) avec hydrolyse bactérienne de l'azote protéique et organique, productrice d'ammoniac (base).

Phase III : Phase de stabilisation du pH : Le rapport C/N a diminué, les réactions deviennent plus lentes. De l'ammoniac a été perdu par volatilisation surtout au-dessus de pH 8, et l'azote est utilisé par les microorganismes pour réaliser la biosynthèse des matières humiques.

Phase IV : Phase stable, proche de la neutralité : le compost est en voie de maturation. La stabilité du pH est due aux réactions lentes de maturation et au pouvoir tampon de l'humus.



(Mustin, 1987)

Facteurs influençant les émissions

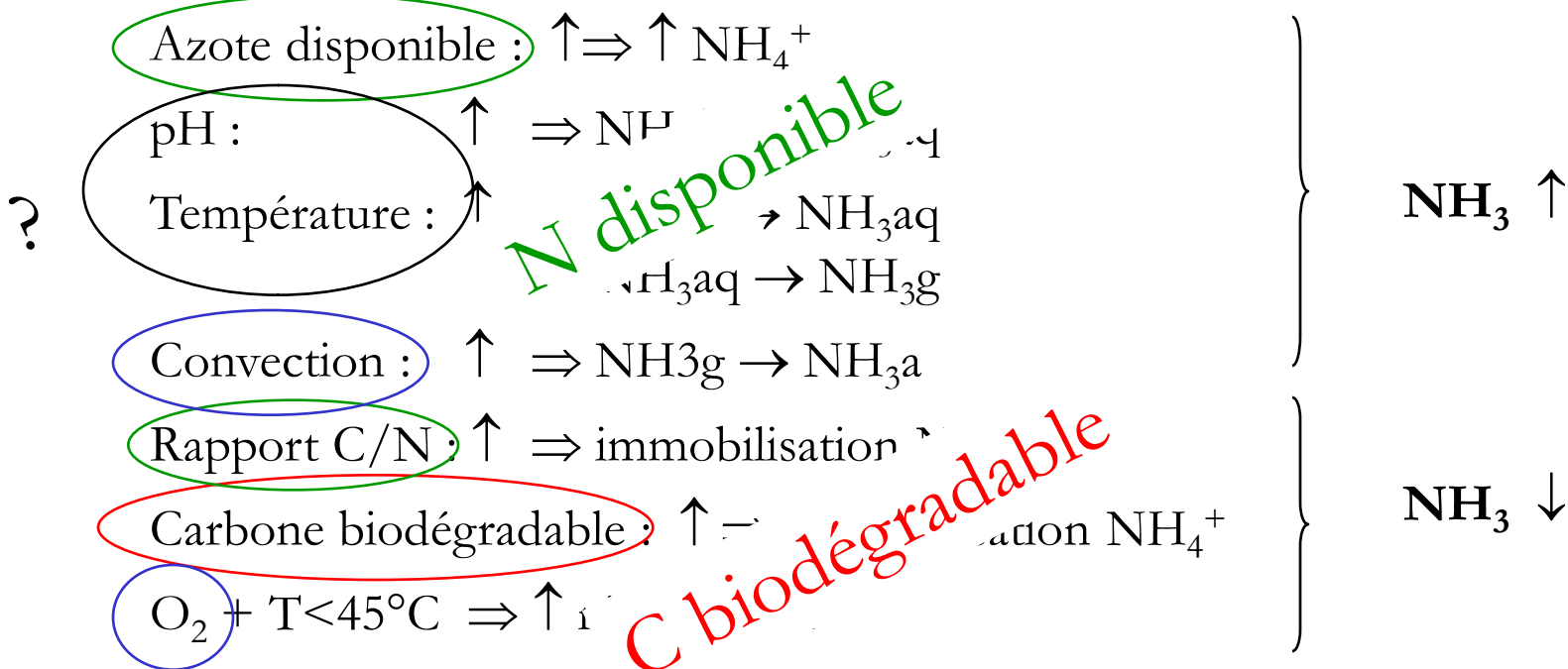
Etude des émissions gazeuses

Modélisation

Moyens d'action

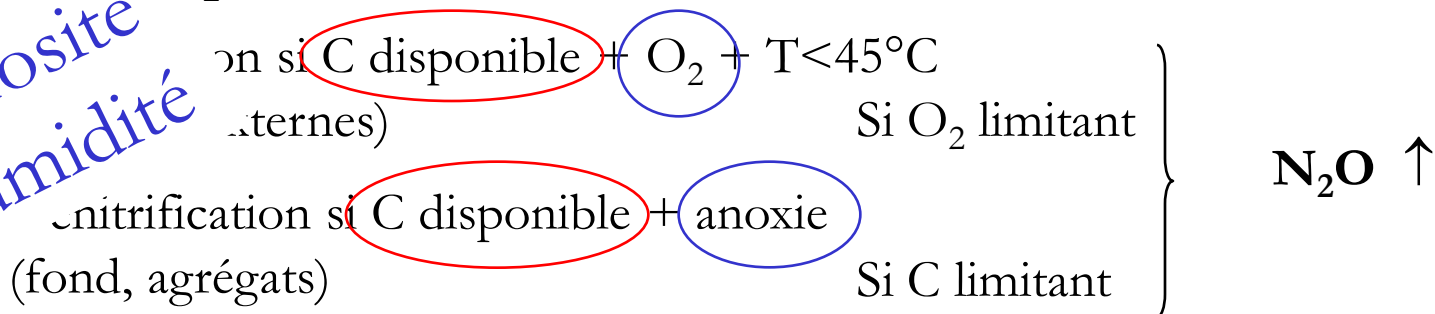
Facteurs influençant les émissions d'azote

Emission de NH_3 :



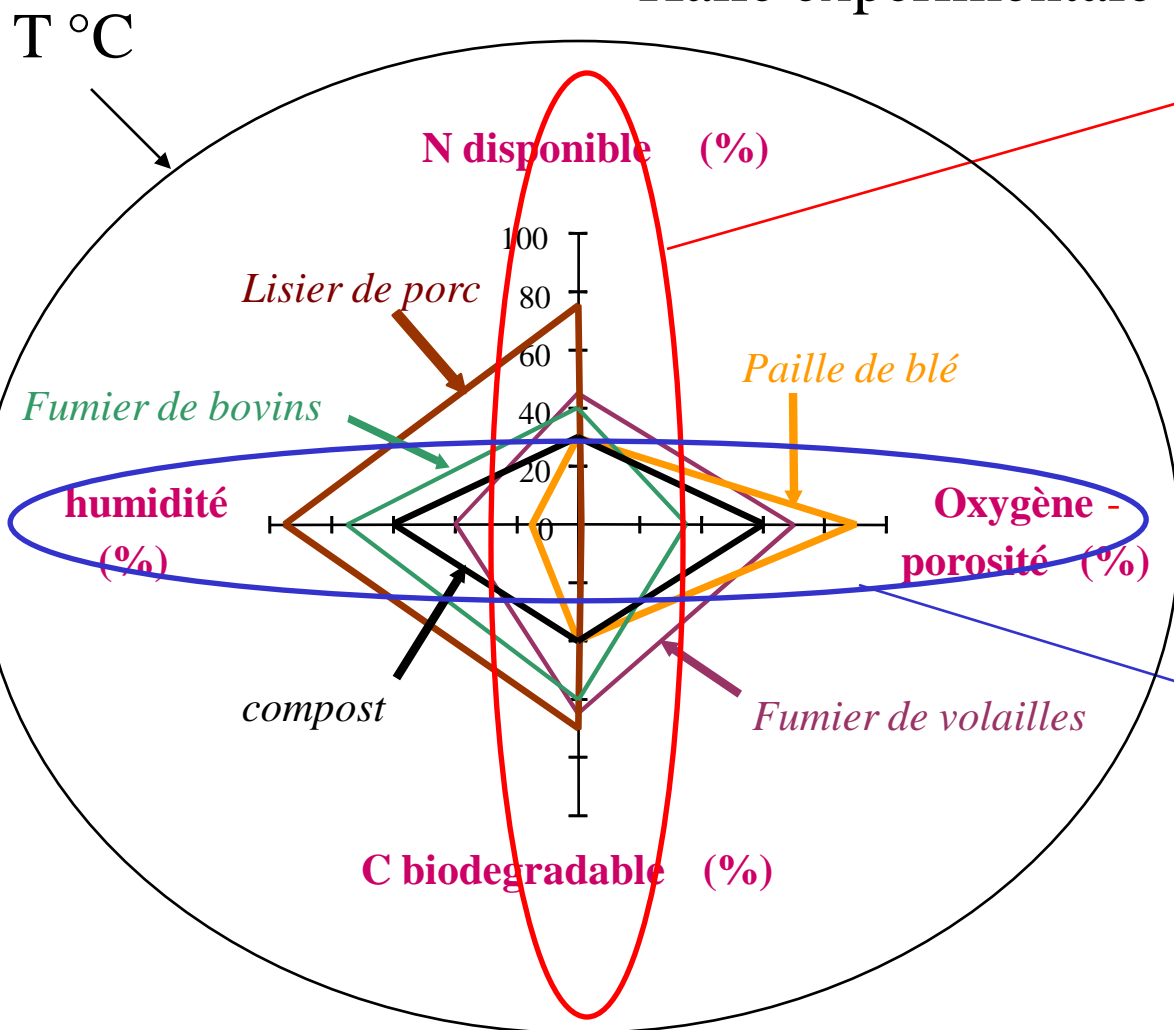
Emission N_2O :

porosité
humidité



Etude des émissions gazeuses

Halle expérimentale



Expé 2 en 2002

lisier / fumier / paille

N disponible 0,54 à 0,87

C biodegradable 0,53 à 0,61

Expé 3 en 2003

lisier / paille / sciure

N disponible 0,66 à 0,76

C biodegradable 0,51 à 0,73

Expé 1 en 2002

fumier de volailles / eau

humidité 50 vs 70 %

porosité 0,25 à 0,70

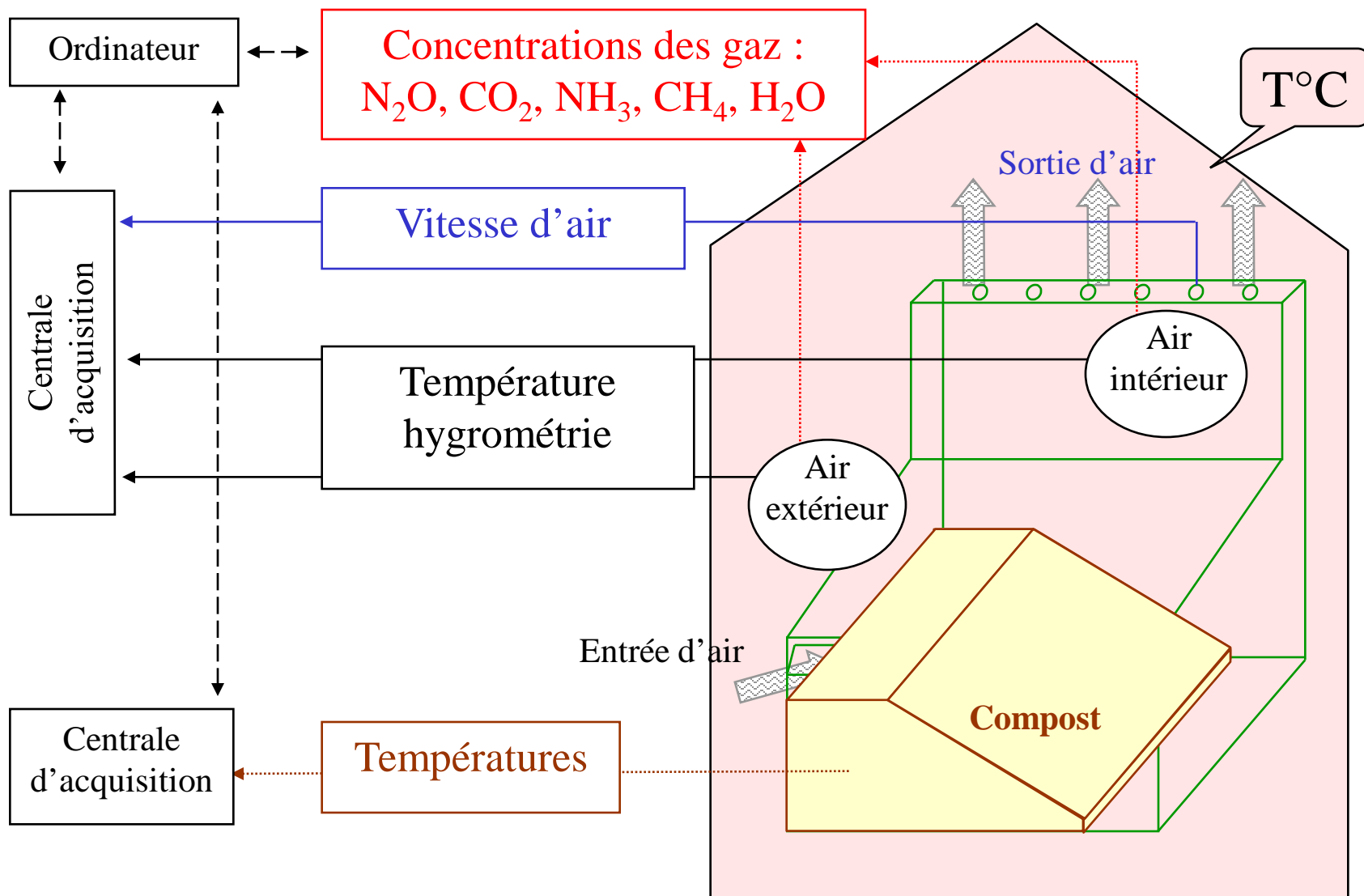
Expé 4 en 2003

lisier / paille / sciure

humidité 50 à 82 %

porosité 0,51 à 0,70

Etude des émissions (halle expérimentale)



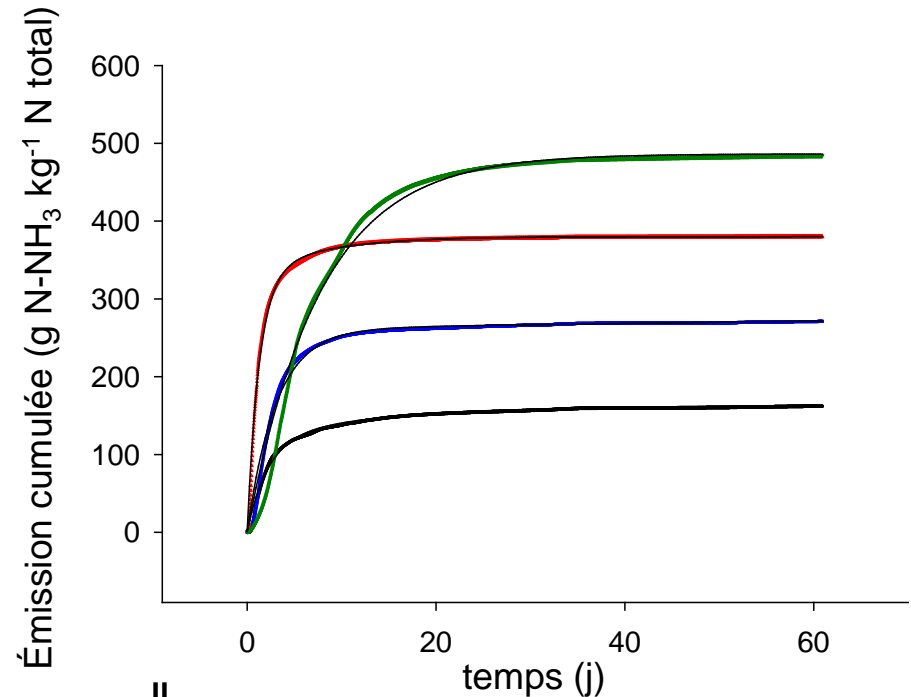
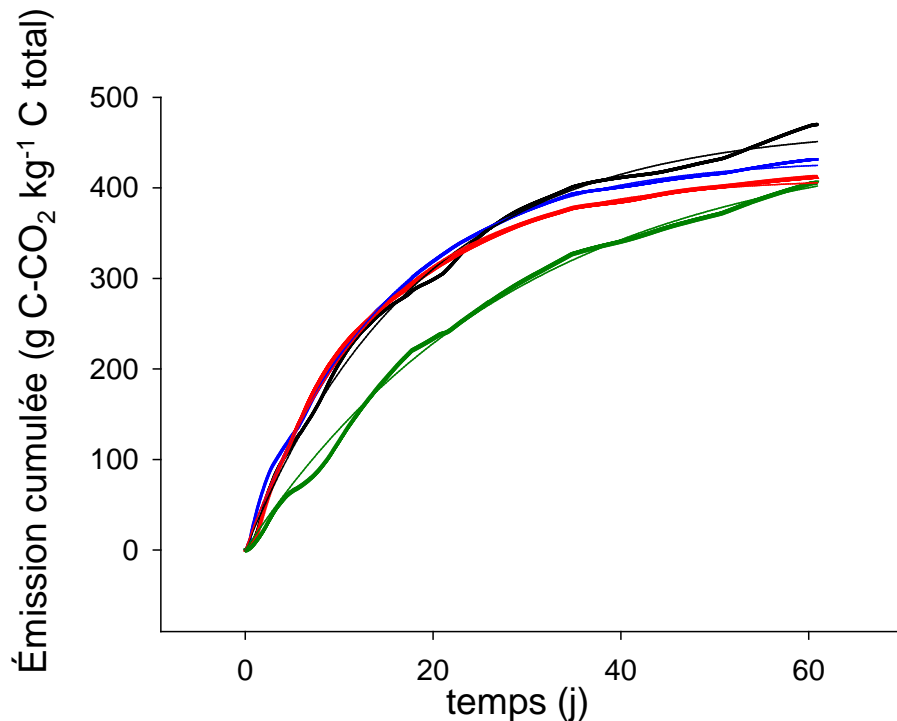
Modélisation (Ajustement mathématique)

(Kirchmann and Witter, 1989)

$$M = M_0 C_R (1 - e^{-k_R t}) + M_0 C_S (1 - e^{-k_S t})$$

(Bernal and Kirchmann, 1992)

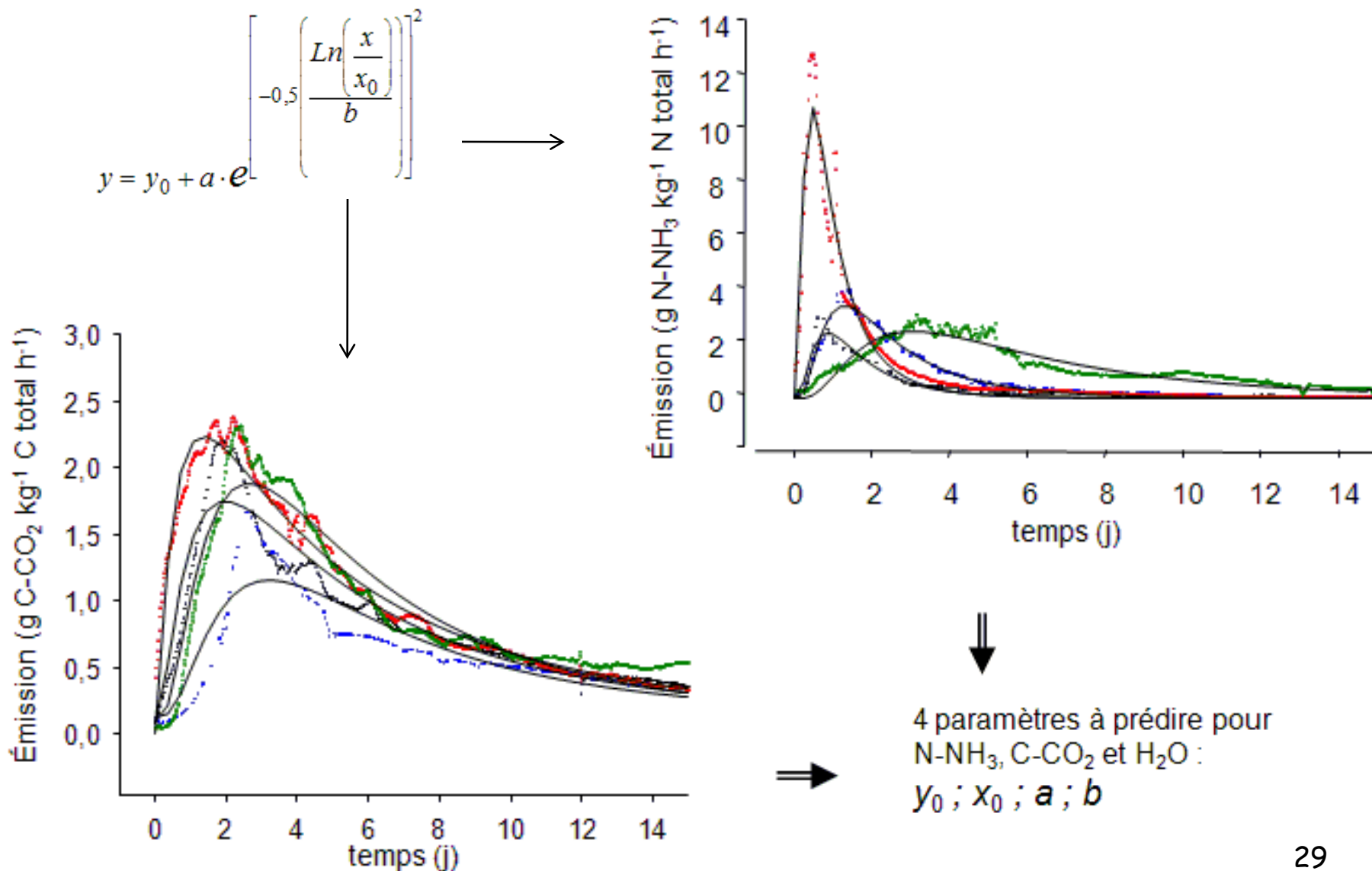
$$M = M_0 C_R (1 - e^{-k_R t}) + M_0 C_S k_S t$$



4 paramètres à prédire pour N-NH₃ :
 $M_0 C_R$; $M_0 C_S$; k_R ; k_S

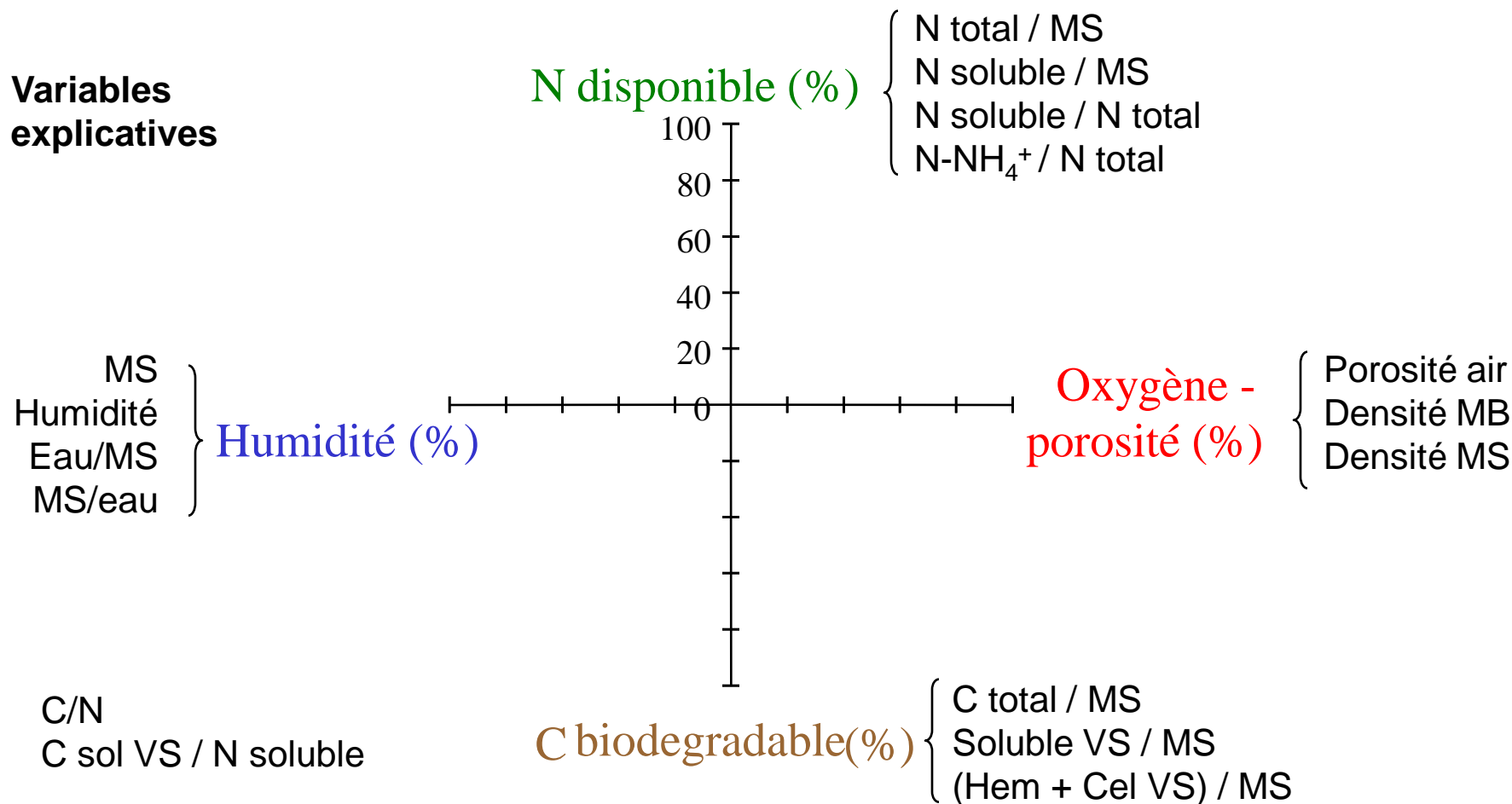
3 paramètres à prédire pour C-CO₂ et H₂O :
 $M_0 C_R$; $M_0 C_S k_S$; k_R

Modélisation (Ajustement mathématique)



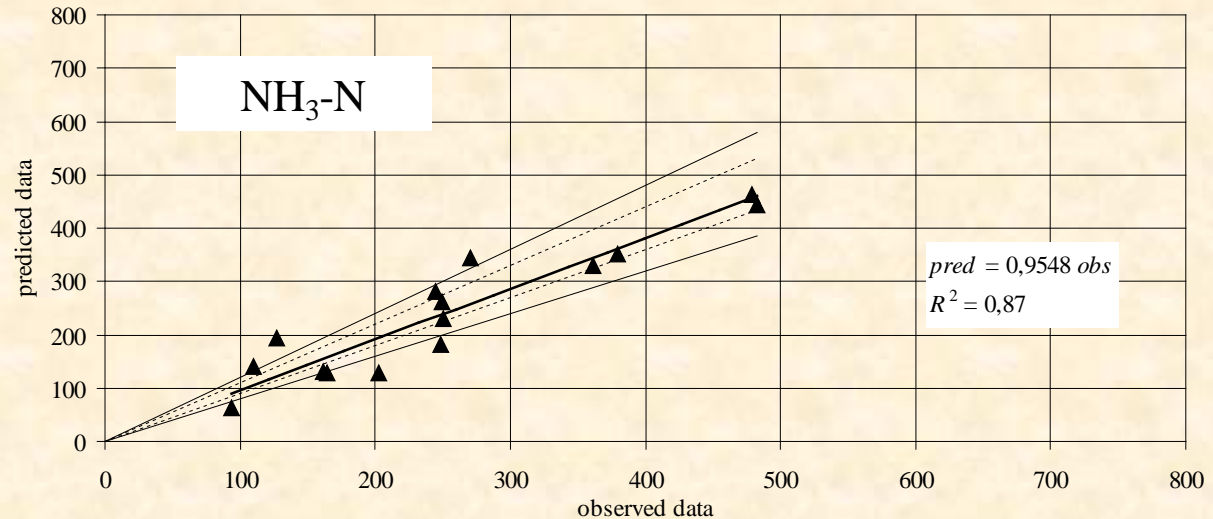
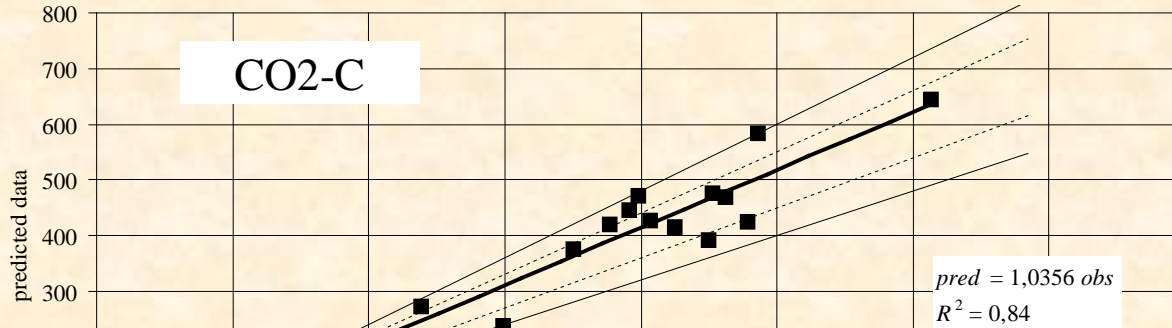
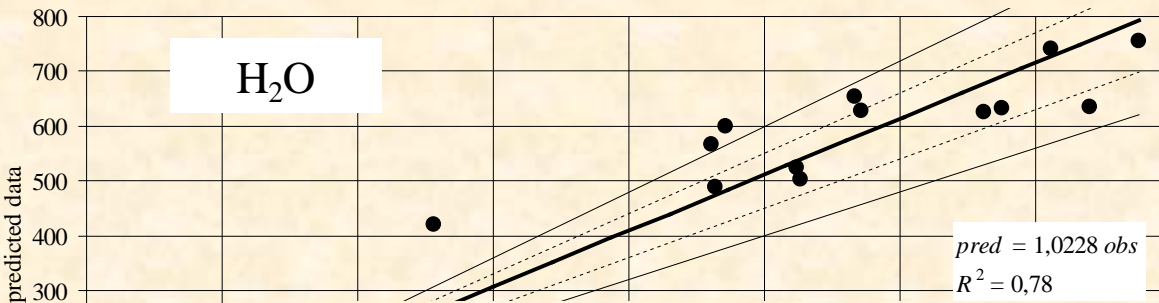
Modélisation (régression multiple)

Variables explicatives



paramètre = $f(\text{N disponible, C biodégradable, humidité, porosité})$

Modélisation (Prédiction des émissions)



Modélisation (Prédiction des émissions)

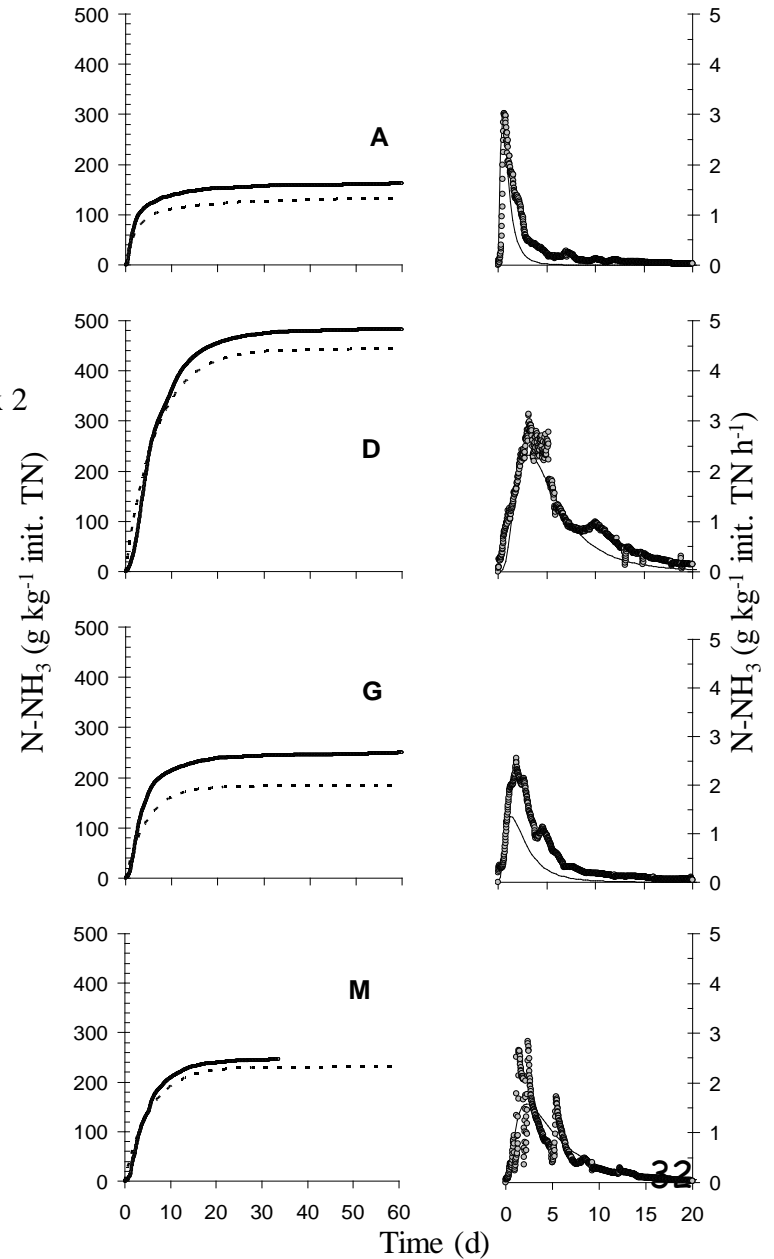
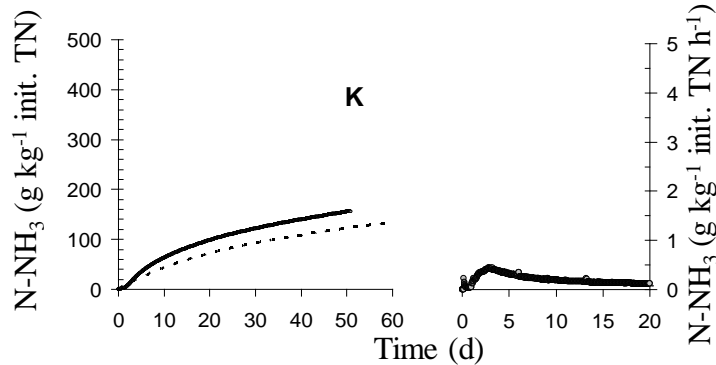
— A
— D
..... G
— K
- - - M

N soluble/N total

Eau/MS x 0.2

Densité MS x 2

Soluble
VS/MS



Moyens d'action / situations types

Objectifs

Solutions – risques associés

**Conservation N
dans compost**

Apport C : \uparrow C/N, plutôt C biodégradable si C/N faible
Si produit sec : ajout d'eau et tassement pour limiter NH_3
Si produit très humide : éviter le tassement

**Elimination N
(forme N_2)**

Compostage en conditions très humides, C/N faible
Maintenir une couche aérée en surface suffisante
Risque d'émission de N_2O et CH_4 + absence d'hygiénisation

**Conservation C, effet
sur structure du sol**

Tassement et apport d'eau suffisant
Eviter retournement et réduire la durée de compostage

Conservation de l'eau

Tassement, éviter l'aération (soufflage, retournement)

Elimination d'eau

Apport de C biodégradable et retournements
suivis de tassement si C/N faible pour limiter NH_3
Risque d'émission de N_2O



MERCI